

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

EDN: <https://elibrary.ru/nvkkjr>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-1-61-66>

УДК 616-001.34:616.155.2

© Кудяева И.В., Чистова Н.П., 2023

Кудяева И.В., Чистова Н.П.

Агрегационная функция тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 3, 12а микрорайон, г. Ангарск, Иркутская обл., 665827

В статье рассмотрено изменение реологических свойств крови и агрегационной функции тромбоцитов у стажированных лиц, подвергавшихся воздействию локальной вибрации и сочетанному воздействию локальной и общей вибрации. В последние годы медико-социальная значимость вибрационной болезни (ВБ) как заболевания определяется потерей трудоспособности и молодым возрастом лиц, утративших профессиональную трудоспособность. В подтверждение этому высокая заболеваемость ВБ отмечается у работников авиационных заводов, в горнорудной промышленности, водителей большегрузных машин и строительной техники.

Цель исследования — рассмотреть агрегационную активность тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью при экспозиции локальной вибрацией и при сочетанной экспозиции локальной и общей вибрацией.

I группу составили 47 пациентов с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации, во II группу вошли 52 больных с вибрационной болезнью от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации. В этих группах определялась индуцированная агрегационная активность тромбоцитов на оптическом агрегометре с использованием индуктора аденозиндифосфата (АДФ) концентрациями 5,0, 2,5, 0,1 мкМ/л. Была проведена статистическая обработка результатов, различия принимались за статистически значимые при $p \leq 0,05$.

Установлено, что лица с вибрационной болезнью характеризовались сниженными показателями агрегационной активности тромбоцитов в сравнении с референсными значениями, количеством тромбоцитов и тромбокритом в крови в пределах нормы. При этом корреляционный анализ показал наличие положительных корреляционных связей между показателями агрегатограммы при действии индуктора высоких (5,0 мкМ/л) и низких концентраций (2,5 мкМ/л, 0,1 мкМ/л). Оценка агрегационной активности тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью при экспозиции локальной вибрацией и при сочетанной экспозиции локальной и общей вибрацией установила низкие показатели ответной реакции в ответ на введение индуктора (ниже референсных), в более чем в 50% случаев, что указывало на «истощение тромбоцитов». Исследование индуцированной активности тромбоцитов не выявило особенностей её проявления как у лиц, подвергавшихся воздействию локальной вибрации, так и у работников, экспонированных сочетанным воздействием локальной и общей вибрации.

Ограничения исследования. Ограничениями исследования могут быть различия в методике и референсных интервалах исследования агрегационной активности в разных лабораториях и небольшая выборка пациентов, включённых в настоящее исследование.

Этика. Всеми пациентами предварительно было подписано информационное согласие на участие в исследовании. План исследования, содержание информированного согласия на участие в исследовании, а также материалы статьи одобрены локальным этическим комитетом ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

Ключевые слова: агрегация тромбоцитов; гемостаз; вибрационная болезнь; вибрация

Для цитирования: Кудяева И.В., Чистова Н.П. Агрегационная функция тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(1): 61–66. <https://elibrary.ru/nvkkjr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-1-61-66>

Для корреспонденции: Чистова Надежда Павловна, аспирант ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований». E-mail: chist1nad2pavl3@gmail.com

Участие авторов:

Кудяева И.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Чистова Н.П. — сбор и обработка данных, обзор литературы, написание текста.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность заведующему неврологическим отделением ФГБНУ ВСИМЭИ Сливницкой Наталье Валерьевне за плодотворное сотрудничество.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 18.11.2022 / Дата принятия к печати: 21.11.2022 / Дата публикации: 29.01.2023

Irina V. Kudyaeva, Nadezhda P. Chistova

Aggregation platelets function in persons with vibration disease

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, Microdistrict 12a, Angarsk, 665827

The article considers the changes in the rheological properties of blood and the aggregation function of platelets in interns exposed to local vibration and combined effects of local and general vibration. In recent years, the medical and social significance of vibration disease (VD) as a disease is associated with the loss of working capacity and the young age of people who have lost their professional ability to work. In confirmation of this, we can observe a high incidence of VD among workers of aircraft factories, in the mining industry, among operators of heavy vehicles and construction equipment.

The study aims to consider the aggregation activity of platelets in persons with vibration disease during exposure to local vibration and combined exposure to local and general vibration, to draw attention to the need to study the aggregation function of platelets in persons with occupational diseases.

Group one consisted of 47 patients with vibration disease from exposure to local vibration, group two included 52 patients with vibration disease from combined exposure to local and general vibration.

In these groups, the researchers observed the induced platelet aggregation activity on an optical aggregometer using an adenosine diphosphate (ADP) inductor at concentrations of 5.0, 2.5, 0.1 $\mu\text{M/L}$. The authors have carried out statistical processing of the results. We have taken the differences as statistically significant at $p \leq 0.05$.

Persons with vibration disease had reduced indicators of platelet aggregation activity in comparison with reference values, the number of platelets and thrombocrit in the blood within normal limits. At the same time, the correlation analysis showed the presence of positive correlations between the aggregatogram indicators under the action of an inductor of high (5.0 mmol/L) and low concentrations (2.5 mmol/L), 0.1 mmol/L).

Evaluation of platelet aggregation activity in individuals with vibration disease with exposure to local vibration and with combined exposure to local and general vibration established low response rates in response to the introduction of an inducer (lower than reference), in more than 50% of cases, indicating "depletion of platelets". The study of the induced platelet activity did not reveal the peculiarities of its manifestation both in persons exposed to local vibration and in workers exposed to the combined effects of local and general vibration.

Limitations. Limitations of the study may be differences in the methodology and reference intervals of the study of aggregation activity in different laboratories and a small sample of patients included in this study.

Ethics. All patients had previously signed an informational consent to participate in the study. The research plan, the content of the informed consent to participate in the research, as well as the materials of the article were approved by the local Ethics committee of the East Siberian Institute of Medical and Environmental Research.

Keywords: platelet aggregation; hemostasis; vibration disease; vibration

For citation: Kudaeva I.V., Chistova N.P. Aggregation platelets function in persons with vibration disease. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(1): 61–66. <https://elibrary.ru/nvkkjr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-1-61-66> (in Russian)

For correspondence: Nadezhda P. Chistova, graduate student of the East Siberian Institute of Medical and Environmental Research. E-mail: chist1nad2pavl3@gmail.com

Information about the authors: Kudaeva I.V. <https://orcid.org/0000-0002-5608-0818>
Chistova N.P. <https://orcid.org/0000-0002-1206-6379>

Contribution:

Kudaeva I.V. — concept and design of the study, editing;

Chistova N.P. — data collection and processing, literature review, text writing.

Acknowledgment. The authors express their deep gratitude to Natalia V. Slivnitsyna, the Head of the Neurological Department of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research for fruitful cooperation.

Funding. The study was carried out within the framework of the state task of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 18.11.2022 / Accepted: 21.11.2022 / Published: 29.01.2023

Введение. В последние годы медико-социальная значимость вибрационной болезни (ВБ) как заболевания определяется потерей трудоспособности и молодым возрастом лиц, утративших профессиональную трудоспособность [1]. Высокая заболеваемость ВБ отмечается у работников авиационных заводов, в горнорудной промышленности, водителей большегрузных машин и строительной техники [2]. Одним из способов снижения заболеваемости ВБ является раннее выявление признаков негативного воздействия вибрации на организм [3].

Современные формы течения вибрационной болезни характеризуются вовлечением в патогенез системы кровообращения [4–5]. Известно, что у пациентов с ВБ выявляется специфическое поражение микроциркуляции, которое может быть связано с эндотелиальной дисфункцией со спазмом сосудов [6] и изменением реологических свойств крови (гиперкоагулемия, изменение вязкости крови) [7]. В патогенезе сосудистых поражений при воздействии вибрации играют роль гипоксия и гемостазиологические расстройства [8]. Среди пациентов с ВБ от воздействия локальной вибрации отмечали пониженные уровни аутоантител к компонентам мембраны тромбоцитов, что могло указывать на угнетение их продукции, либо их патологическое связывание [9].

Существуют единичные исследования, включающие измерение количества тромбоцитов и указывающие на снижение их числа у лиц с ВБ [10]. Нарушение функционального состояния эндотелия и тромбоцитов у больных ВБ стимулирует перестройку сосудистой архитектоники и взаимодействие форменных элементов крови с внеклеточными молекулярными факторами субэндотелия [11].

Исследования, посвященные изучению функциональной агрегационной способности тромбоцитов, чаще все-

го посвящены анализу данных показателей по сравнению с контрольной группой и свидетельствуют об увеличении агрегационных свойств у пациентов с вибрационной болезнью [12] и нарушениях в системе гемостаза в целом [13]. Анализ, проведенный в когорте лиц с ВБ от воздействия локальной вибрации и гипертонией, выявил повышенную агрегацию тромбоцитов в ответ на действие АДФ в сравнении с контрольной группой [14]. В настоящее время остается неосвещенной проблема изменения функциональной агрегационной способности тромбоцитов при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации.

Цель исследования — оценить агрегационную активность тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью при экспозиции локальной вибрацией и при сочетанной экспозиции локальной и общей вибрацией.

Материалы и методы. Проведенное ретроспективное исследование проходило с 2019 по 2021 гг. В группу I были включены 47 пациентов — работников следующих профессий: сборщик-клепальщик, слесарь-сборщик, проходчик с диагнозом вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации. Группу II составили 52 пациента с ВБ от воздействия локальной и общей вибрации: машинисты экскаватора, трактористы, водители лесовоза. Всеми участниками было подписано добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Для расчёта стаже-возрастных показателей использовали данные из санитарно-гигиенических характеристик условий труда работника и историй болезни. Показатели стажа и возраста для вошедших в исследование пациентов с ВБ от воздействия локальной вибрации и от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации представлены в **таблице 1**.

Таблица 1 / Table 1

Стаж и возраст пациентов с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации и от воздействия локальной и общей вибрации; Ме (Q25; Q75)

The experience and age of patients with vibration disease from exposure to local vibration and from exposure to local and general vibration; Me (Q25; Q75)

Показатель, ед. измер.	Группа I ВБ от воздействия локальной вибрации (n=47)	Группа II ВБ от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации (n=52)
Возраст, лет	45,0 (40,0;52,0)	55,0 (52,0;58,0)
Стаж, лет	17,45 (14,1;20,3)	25,1 (19,4;30,4)

Подсчёт тромбоцитов и измерение тромбокрита осуществлялось на гематологическом анализаторе «Mindray». Агрегационную активность тромбоцитов исследовали с помощью оптического агрегометра «Biola», применяя в качестве индуктора агрегации аденозиндифосфат (АДФ) с концентрацией 5,0 мкМ/л, 2,5 мкМ/л, 0,1 мкМ/л. Оптическая агрегометрия представляет собой способ, с помощью которого можно оценить функциональную способность тромбоцитов путём измерения оптической плотности богатой тромбоцитами цитратной плазмы при введении индуктора.

В ходе статистической обработки данных при помощи пакета прикладных программ STATISTICA 10 использовали критерий Шапиро–Уилка для проверки распределения на нормальность, критерий Манна–Уитни — для сравнения количественных признаков. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного диапазона, для относительных величин приведены доверительные интервалы. Для расчётов коэффициентов корреляции применяли ранговую корреляцию по Спирмену. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Референсный интервал содержания тромбоцитов в крови составляет от 180 до 320 клеток $\times 10^9$ /л. Проведённый подсчёт тромбоцитов на гематологическом анализаторе показал, что в I группе количество тромбоцитов в крови составляло 248×10^9 /л (218×10^9 /л; 303×10^9 /л), что соответствовало физиологической норме. Во 2 группе число тромбоцитов принимало значение 248×10^9 /л (221×10^9 /л; 290×10^9 /л). Следовательно, не было выявлено межгрупповых статистически значимых различий ($p = 0,5$). Доля результатов с содержанием тромбо-

цитов меньше нижней референсной границы у лиц с ВБ от воздействия локальной вибрации составила 6%, у пациентов с ВБ от воздействия локальной и общей вибрации — 6,5%, больше верхней референсной границы — 2,5% и 15% соответственно ($p = 0,03$).

Значение тромбокрита в I группе составляло 0,22% (0,1;0,3), во II группе — 0,21% (0,18;0,24), что находилось в пределах референсного интервала (0,1–0,5%), статистически значимые различия отсутствовали.

Агрегационная способность тромбоцитов при применении индуктора АДФ с концентрацией 5,0 мкМ/л отображалась на графике агрегатограммы в виде двух волн (пик 1 и пик 2). Пик 1 показывал обратимую агрегацию и частичную дегрануляцию тромбоцитов, пик 2 — необратимую агрегацию и полную дегрануляцию. При использовании индуктора АДФ с концентрацией 2,5 мкМ/л наблюдалась начальная агрегация тромбоцитов, а при применении индуктора АДФ с концентрацией АДФ 0,1 мкМ/л — обратимая агрегация.

В соответствии с инструкцией к реагенту, референсный интервал для агрегации тромбоцитов, вызванной воздействием индуктора АДФ с концентрацией 5,0 мкМ/л включает в себя значения от 47% до 53%. Результаты сравнения индуцированной агрегации тромбоцитов (ИАТ) с нижней референсной границей (меньше 47%) показали (табл. 2) долю результатов меньше нижнего значения — 72% в I группе и 60% — во II-й.

В I группе значение пика 1 ИАТ составляло 41%, а пика 2 ИАТ — 45%, что значимо не отличалось от показателей II группы (41% — пик 1 ИАТ и 44% — пик 2 ИАТ). Размер агрегатов, образуемых при воздействии индуктора АДФ

Таблица 2 / Table 2

Показатели агрегатограммы у лиц с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации и от воздействия локальной и общей вибрации; Ме (Q25; Q75), %

Aggregation indicators in persons with vibration disease from exposure to local vibration and from exposure to local and general vibration; Med (Q25; Q75), %

Показатели агрегационной функции тромбоцитов	Показатель, ед. измер.	Группа I (n=47)	Группа II (n=52)	p
при стимуляции АДФ с конц. 5,0 мкМ/л.	ИАТ, пик 1 (%)	41,0 (36,5;46,0)	41,0 (37,0;47,0)	0,5
	ИАТ, пик 2 (%)	45,0 (38,0;48,5)	44,0 (38,0–50,0)	0,7
	Доля значений меньше нижнего реф. интервал (меньше 47%). % [ДИ]	72,3 [57,5–87,2]	59,6 [44,4–74,8]	0,2
	Размер агрегатов (мкм)	10,0 (8,2;11,3)	9,8 (8,2;11,6)	0,8
при стимуляции АДФ с конц. 2,5 мкМ/л.	ИАТ (%)	39,1 (32,1;42,6)	40,0 (30,7;47,4)	0,6
	Размер агрегатов (мкм)	8,7 (7,9;9,6)	9,3 (7,6;12,0)	0,2
при стимуляции АДФ с конц. 0,1 мкМ/л.	ИАТ (%)	4,3 (0,8;11,6)	2,4 (0,5;5,4)	0,2
	Размер агрегатов	3,0 (1,9;4,8)	3,0 (2,0;4,7)	0,8

5,0 мкМ/л в обеих группах, составил около 10,0 мкМ ($p=0,8$).

В ходе проведения исследования ИАТ при использовании АДФ с концентрациями 2,5 мкМ/л и 0,1 мкМ/л статистически значимые различия отсутствовали как в ИАТ, так и в размерах полученных агрегатов.

Нами был проведён корреляционный анализ, который продемонстрировал наличие связей между показателями агрегатограммы. Так, в группе больных ВБ от воздействия локальной вибрации была отмечена сильная положительная корреляционная связь между ИАТ при применении индуктора 5,0 мкМ/л АДФ и ИАТ при действии индуктора 2,5 мкМ/л АДФ, как на первой волне агрегации (пик 1, $R=0,75$), так и на второй (пик 2, $R=0,76$). Связь же между ИАТ при введении индуктора с концентрацией 0,1 мкМ/л и размером образованных агрегатов имела характер положительной средней связи ($R=0,56$).

Исследование ранговой корреляции по Спирмену в группе лиц с ВБ от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации показало средние положительные корреляционные связи между первой и второй волной ИАТ при воздействии индуктора АДФ 5,0 мкМ/л и ИАТ под действием индуктора АДФ 2,5 мкМ/л ($R=0,66$ и $R=0,64$ соответственно). Также были отмечены средние положительные корреляционные связи между ИАТ с 2,5 мкМ/л и радиусом агрегатов как при АДФ 2,5 мкМ/л ($R=0,39$), так и при АДФ 0,1 мкМ/л ($R=0,37$). Было обращено внимание на сильную положительную корреляционную связь между ИАТ и размером агрегатов при действии АДФ с концентрацией 0,1 мкМ/л.

По данным историй болезни была проведена ретроспективная оценка клинической выраженности проявлений вибрационной болезни у обследованных. Было установлено, что у лиц I группы отмечались лёгкие проявления 1 и 1–2 степени в 77% случаев, у остальных была зарегистрирована ВБ 2 степени.

Во II группе 81% пациентов имели ВБ 1 и 1–2 степени, у оставшихся была зарегистрирована ВБ 2 степени. Следовательно, описанные выше изменения агрегационной функции тромбоцитов проявляются уже на ранних стадиях вибрационной болезни.

Обсуждение. В настоящее время в клинической лабораторной диагностике используется подсчёт тромбоцитов на гематологическом анализаторе. Число случаев, когда количество тромбоцитов у пациентов с ВБ было меньше нижней референсной границы, по нашим данным, составляло меньше десяти процентов, больше верхней референсной границы — 2,5–15%. Значения тромбокрита были в пределах нормы.

Для оценки агрегационной функции тромбоцитов при вибрационной болезни ранее применялся способ исследования скорости АДФ-агрегации тромбоцитов с помощью микроскопа и секундомера [15]. Оптическая агрегометрия в настоящее время представляет собой основной метод, позволяющий оценить функциональную способность тромбоцитов. Считается, что метод оптической агрегометрии с использованием индуктора агрегации эффективней использовать для выявления недостаточной функциональности тромбоцитов, чем их повышенной активности [16]. В настоящем исследовании мы рассмотрели индуцированную агрегационную активность тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью и установили, что она в более, чем в 50% случаев была ниже референсных значений.

Результаты наших исследований согласуются с данными других авторов, обследовавших лиц с ВБ. В доклинической стадии ВБ показатели агрегационной способности тромбоцитов (ИАТ 35% у работников, подвергавшихся воздействию вибрации) были меньше референса [17]. Необходимо отметить, что у горнорабочих с ВБ 1 степени отмечалось снижение амплитуды агрегации с АДФ (ИАТ 67%) в сравнении с контрольной группой, состоящей из относительно здоровых лиц, не контактировавших с вибрацией (ИАТ 73%) [13]. При этом ИАТ у работников с отдельными признаками воздействия вибрации составляла 66%. У пациентов с ВБ и артериальной гипертензией было обнаружено снижение показателей индуцированной агрегации тромбоцитов при использовании АДФ, по сравнению с референсными значениями (ИАТ 39%) [14]. В другой работе этого автора также при артериальной гипертензии, сопровождающей ВБ, наблюдались высокие показатели АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов (ИАТ 130,0%), что связывалось с наличием у пациентов определённых генетических полиморфизмов, отвечающих за системный гемостаз [10].

В то же время имеются сведения, что у слесарей-сборщиков и сборщиков-клепальщиков агрегация тромбоцитов характеризовалась повышенными значениями (ИАТ 126%) в сравнении с контрольной группой здоровых лиц (ИАТ 92%), что авторы считали результатом системных нарушений и сочетанной патологии профессионального генеза [18]. В исследовании, проведённом Потеряевой Е.Л., отмечено, что агрегационная способность тромбоцитов у больных с ВБ зависит от нарушений микроциркуляции: при выраженной степени она имела более высокие значения в сравнении с пациентами с умеренной и легкой степенью микроциркуляторных расстройств (ИАТ 91% у лиц с ВБ, 73% в группе сравнения) [12, 19].

Наличие положительных корреляционных связей сильной и слабой силы (ИАТ при действии АДФ 5,0 мкМ/л и ИАТ при АДФ 2,5 мкМ/л, ИАТ при применении АДФ 2,5 мкМ/л и радиуса агрегатов при АДФ 0,1 мкМ/л) отражает параллельное снижение ИАТ и радиуса тромбоцитарных агрегатов при применении разных концентраций АДФ. При этом размер агрегатов имел положительную связь с ИАТ при применении индукторов малой концентрации (2,5 мкМ/л, 0,1 мкМ/л). Следовательно, снижение агрегационной способности тромбоцитов имело место на стадиях начальной, обратимой и необратимой агрегации.

Таким образом, авторы статьи говорят о необходимости определения индуцированной агрегационной способности тромбоцитов у лиц, экспонированных как локальной вибрацией, так и сочетанным воздействием локальной и общей вибрации уже на ранних стадиях заболевания (ВБ 1 степени и ВБ 1–2 степени).

В качестве ограничений исследования могут выступать различия в методике и референсных интервалах исследования агрегационной активности в разных лабораториях и небольшая выборка пациентов, включённых в исследование.

Заключение. Оценка агрегационной активности тромбоцитов у лиц с вибрационной болезнью при экспозиции локальной вибрацией и при сочетанной экспозиции локальной и общей вибрацией установила низкие показатели ответной реакции в ответ на введение индуктора (ниже референсных), более, чем в 50% случаев, что указывало на «истощение тромбоцитов». Исследование индуцированной актив-

ности тромбоцитов не выявило особенностей её проявления как у лиц, подвергавшихся воздействию локальной вибрации, так и у работников, экспонированных сочетанным воздействием локальной и общей вибрации.

В обеих группах корреляционный анализ показал положительную связь ИАТ тромбоцитов при воздействии индуктора АДФ с концентрацией 5,0 мкМ/л и ИАТ при применении индуктора АДФ с концентрацией 2,5 мкМ/л, ИАТ при использовании индуктора АДФ с содержанием 0,1 мкМ/л и радиусом образуемых агрегатов при данной

концентрации, что свидетельствует о снижении агрегационной способности на стадиях начальной, обратимой и необратимой агрегации.

Поскольку изменения агрегационной функции тромбоцитов характерны для ВБ I и 1–2 степени, можно рекомендовать исследование индуцированной агрегации тромбоцитов у пациентов с ВБ как от воздействия локальной вибрации, так и от сочетанного воздействия локальной и общей вибрации для ранней диагностики нарушений гемостаза у пациентов с профессиональной патологией.

Список литературы

- Кулешова М.В. Особенности формирования вибрационной болезни у работающих на предприятиях Восточно-Сибирского региона. *Экология и здоровье населения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Иркутск, 28–29 мая 2015 года. ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».* Иркутск: Иркутский научный центр хирургии и травматологии. 2015: 195–200.
- Суворов Г.А. Оценка условий труда и характеристика распространенности вибрационной болезни среди горнорабочих Крайнего Севера. *Медицина труда и промышленная экология.* 1994; 8: 1–4.
- Лахман О.Л., Колесов В.Г., Панков В.А. и др. *Вибрационная болезнь от воздействия локальной вибрации у горнорабочих в условиях Сибири и Крайнего Севера.* И: НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН; 2008: 205.
- Бабанов С.А., Тагаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *Русский медицинский журнал.* 2013; 35: 1777.
- Сазыкина Д.П., Дудина Е.А., Шокина С.В., Горячева О.А. Современные аспекты диагностики и лечения вибрационной болезни. *Актуальные научные исследования в современном мире.* 2020; 2–2(58): 32–5.
- Кукс А.Н., Кудяева И.В., Сливницына Н.В. Состояние микроциркуляции у пациентов с вибрационной болезнью, имеющих метаболические нарушения. *Гигиена и санитария.* 2019; 98(10): 1096–101. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-10-1096-1101>
- Суухаревская Т.М., Потеряева О.Н., Куницын В.Г. Реологические свойства эритроцитов при вибрационной болезни. *Структура и функция эритроцитов в норме и патологии.* Министерство здравоохранения СССР, Новосибирский орден трудового красного знамени медицинский институт. Новосибирск: Новосибирский государственный медицинский университет. 1988: 72–4.
- Шпагина А.А., Герасименко О.Н., Чернышев В.М., Третьяков С.В. Эндотелиальная дисфункция при вибрационной болезни: клинические и патогенетические аспекты. Новосибирск: Сибмедииздат. 2004: 148.
- Маснабиева Л.Б., Кудяева И.В., Кузнецова Ю.А., Наумова О.В. Сравнительная оценка уровней аутоантител, отражающих состояние сердечно-сосудистой системы, у лиц с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария.* 2019; 98(10): 1102–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1102-1107>
- Герасименко О.Н., Шпагина А.А., Горбунова А.М. и др. Клинико-функциональная и молекулярная характеристика коморбидной патологии (вибрационная болезнь в сочетании с артериальной гипертензией). *Атеросклероз.* 2022; 18(1): 68–75. <https://doi.org/10.52727/2078-256X-2022-18-1-68-75>
- Шпагина А.Н., Захаренков В.В., Филимонов С.Н. Вибрационная болезнь у работников угольных предприятий Кузбасса. Особенности клиники и характер течения. *Фундаментальные исследования.* 2012; 10: 153–6.
- Потеряева Е.Л. Роль нарушений сосудисто-тромбоцитарного гемостаза в патогенезе вибрационных микроангиопатий. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2004; 4: 52–3.
- Филимонов С.Н., Захаренков В.В., Панев Н.И., Бурдейн А.В., Данилевская Л.А., Епифанцева Н.Н. Нарушения в системе гемостаза у шахтеров-угольщиков. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; 9: 22–5.
- Герасименко О.Н., Чачибая З.К. Особенности системного гемостаза при артериальной гипертензии в сочетании с вибрационной болезнью в зависимости от типа вибрации. *Медицина труда и промышленная экология.* 2014; 3: 7–11.
- Аксенова В.М., Гоголева О.И., Заградская О.В. Авторское свидетельство № 1801211 СССР, МПК G01N 33/49. Способ прогнозирования вибрационной болезни: № 4833051: заявл. 30.05.1990: опубл. 07.03.1993.
- Мамаев А.Н. *Практическая гемостазиология: [руководство для врачей]* М.: Практическая медицина, 2014: 240.
- Антошина А.И., Павловская Н.А., Яцына И.В. Информативные лабораторные биомаркеры для выявления негативного воздействия вибрации на организм рабочих. *Клиническая лабораторная диагностика.* 2015; 1: 19–24.
- Чепрасова М.И. Система гемостаза у больных профессионально обусловленными невропатиями. *Мир науки, культуры, образования.* 2013; 4(41): 366–7.
- Бараева Р.А., Бабанов С.А. Эндотелиальная дисфункция при вибрационной болезни. Современные аспекты здоровьесбережения: сб. материалов юбил. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2019: 528–32.
- Шпагина А.А., Герасименко О.Н., Новикова И.И., Радоуцкая Е.Ю., Горбунова А.М., Сергеева Я.С. Клинико-функциональная и молекулярная характеристика вибрационной болезни в сочетании с артериальной гипертензией. *Медицина труда и промышленная экология.* 2022; 62(3): 146–58. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-146-158>

References

- Kuleshova M.V. Features of the formation of vibration disease in workers at enterprises of the East Siberian region. *Ecology and Public Health: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Irkutsk, May 28–29, 2015. FSBSI «East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research».* Irkutsk: Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology. 2015: 195–200 (in Russian).
- Suvorov G.A., Rukavishnikov V.S., Pankov V.A. Evaluation of work conditions and prevalence of vibration disease among miners in far north. *Med. truda i prom. ekol.* 1994; 8: 1–4 (in Russian).
- Lakhman O.L., Kolesov V.G., Pankov V.A. *Vibrational disease of miners in Siberia and the Russian north caused by exposure to local vibration.* Irkutsk: SC RRS ESSC SB RAMS 2008: 205 (in Russian).

4. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2013; 35: 1777 (in Russian).
5. Sazykina D.P., Dudina E.A., Shokina S.V., Goryacheva O.A. Modern aspects of diagnosis and treatment of vibration disease. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2020; 2–2(58): 32–5 (in Russian).
6. Kuks A.N., Kudaeva I.V., Slivnitsyna N.B. The state of microcirculation in patients with vibration disease providing metabolic disorders. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(10): 1096–1101 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1096-1101>
7. Suharevskaya T.M., Poteryaeva O.N., Kunicyn V.G. Rheological properties of erythrocytes in vibration disease. The structure and function of erythrocytes in normal and pathological conditions. *Ministry of Health of the USSR, Novosibirsk Order of the Red Banner of Labor Medical Institute. Novosibirsk: Novosibirsk State Medical University*. 1988: 72–4.
8. Shpagina L.A., Gerasimenko O.N., Chernyshev V.M., Tret'yakov S.V. *Endothelial dysfunction in vibration disease: clinical and pathogenetic aspects*. Novosibirsk: Sibmedizdat. 2004: 148 (in Russian).
9. Masnavieva L.B., Kudaeva I.V., Kuznetsova Y.A., Naumova O.V. Comparative evaluation of autoantibodies levels, reflecting the condition of the cardiovascular system in patients with vibration disease due to local and combined vibration. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(10): 1102–7. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1102-1107> (in Russian).
10. Gerasimenko O.N., Shpagina L.A., Gorbunova A.M., Shpagin I.S. Clinical-functional and molecular characteristics of comorbid pathology (vibration disease combined with arterial hypertension). *Ateroskleroz*. 2022; 18(1): 68–75. <https://doi.org/10.52727/2078-256X-2022-18-1-68-75> (in Russian).
11. Shpagina L.N., Zakharenkov V.V., Filimonov S.N. Vibratory disease beside workers coal enterprise Kuzbass: particularities of the clinic and nature of the current. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; 10: 153–6 (in Russian).
12. Poteryaeva E.L. Platelet-vascular homeostasis disorders role in vibrational microangiopathies pathogenesis. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal*. 2004; 4: 52–3 (in Russian).
13. Filimonov S.N., Zakharenkov V.V., Panev N.I., Bourdein A.V., Danilevskaya L.A., Epifantseva N.N. Hemostasis disorders in coal miners. *Med. truda i prom. ekol*. 2009; 9: 22–5 (in Russian).
14. Gerasimenko O.N., Tchatchibaya Z.K. Features of systemic hemostasis in arterial hypertension with vibration disease in accordance with vibration type. *Med. truda i prom. ekol*. 2014; 3: 7–11 (in Russian).
15. Aksenova V.M., Gogoleva O.I., Zagradskaya O.V. Copyright certificate No. 1801211 of the USSR, IPC G01N 33/49. A method for predicting vibration disease. № 4833051: declared 30.05.1990: published 07.03.1993 (in Russian).
16. Mamaev A.N. *Practical hemostasiology: [a guide for doctors]*. M.: Prakticheskaya medicina; 2014: 240 (in Russian).
17. Antoshina L.I., Pavlovskaya N.A., Iatsina I.V. The informative laboratory biomarkers for detection of negative impact of vibration on organism of workers. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. 2015; 1: 19–24 (in Russian).
18. Cheprasova M.I. Hemostatic system in patients professionally caused neuropathy. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2013; 4(41): 366–7 (in Russian).
19. Baraeva R.A., Babanov S.A. Endothelial dysfunction in vibration disease. Modern aspects of health saving: collection of materials of the jubilee. scientific and practical conf. with the international participation. 2019: 528–32 (in Russian).
20. Shpagina L.A., Gerasimenko O.N., Novikova I.I., Radoutckaya E.Yu., Gorbunova A.M., Sergeeva Ya.S. Clinical, functional and molecular characteristics of vibration disease in combination with arterial hypertension. *Med. truda i prom. ekol*. 2022; 62(3): 146–58. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-146-158> (in Russian).